

SIMULATOR TURBIN ANGIN UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN DI LABORATORIUM PEMBANGKIT DAN PENYALURAN LISTRIK

Aksan¹⁾, Sulhan Bone²⁾

^{1, 2)}Dosen Jurusan Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

This research aims to improve motivation and interest of students / teaching staff in new and renewable energy development learning process particularly in wind power conversion system. Wind turbine simulator with Computer PC and LCD based measuring monitoring can be applied as learning module in electricity generator and distribution laboratory. Development of new and renewable energy particularly development of wind power conversion system in electricity power system laboratory, could not be developed by students and teaching staff. It is because of unavailability of wind turbine simulator equipment, so that students and teaching staff are unable to practice and test. Consequently, when students were participating in national level windmill competition in 2013 and 2014 arranged by Dirjen Dikti, Team Al-Jazari PNUP could not fully compete to win the competition, and teaching staff are still unable to apply electricity generator using wind turbine in society that needs electricity. As for the development of new and renewable energy particularly the development of wind power conversion system, then the method applied in this research is experiment and design production of wind turbine simulator, production of wind turbine simulator type horizontal and vertical porous, data analysis of test result and measurement using data logger which able to show voltage curve, current, electricity power, wind turbine rotation velocity and wind velocity on Computer PC and LCD with the help of Microcontroller. With wind turbine simulator and modification of wind turbine's blade type horizontal porous with variation of blade number in turbine that is, 2, 3, 4, 5, and 6 blades and modification of wind turbine's blade type vertical porous with number of blade curve is 2. And variation of wind velocity blew from artificial fan (blower) approximately between 4 m/s, 5 m/s, 7 m/s, 9m/s and 10 m/s. The result of this research is to discover simulator and shape of wind turbine type horizontal or vertical porous based on Computer PC and LCD monitoring which operate efficiently in low wind velocity (4-10 m/s), to show characteristic curve of wind turbine with and without load using Computer PC and LCD, and as a guidance for new and renewable energy praxis particularly wind turbine as learning medium in electricity generator and distribution laboratory.

Keywords: *Renewable energy, wind turbine, laboratory, monitoring, characteristic curve, data monitoring*

1. PENDAHULUAN

Salah satu Kementerian di Indonesia yang senantiasa mengembangkan teknologi system pembangkit listrik energy angin adalah Kementerian Pendidikan dan kebudayaan melalui Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi mengadakan Kompetisi Kincir Angin (KKAI) untuk mahasiswa-mahasiswa seluruh perguruan tinggi di Indonesia. Salah satu peserta yang ikut serta dalam kegiatan kompetisi tersebut adalah Team Al-Jazari dari mahasiswa Program Studi S1 Terapan Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Dalam keikutsertaan Team Al-Jazari tersebut pada tahun 2013 dan 2014, hasil yang diperoleh team dalam kompetisi Kincir Angin tersebut tidak maksimal. Ketidakberhasilan team disebabkan oleh kurangnya pengetahuan mahasiswa dan dosen pembimbing tentang kincir angin, sarana dan prasarana alat uji pengujian turbin angin tidak tersedia, dan tidak pernah melakukan pengujian kinerja kincir angin dilaboratorium dan dilapangan.

Udara yang memiliki massa m dan kecepatan v akan menghasilkan energy kinetic sebesar :

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (1)$$

Volume udara persatuan waktu (debit) bergerak dengan kecepatan v dan melewati daerah seluas A adalah :

$$V = v A \quad (2)$$

Massa udara yang bergerak dalam satuan waktu dengan kerapatan ρ , yaitu :

$$m = \rho V = \rho v A$$

sehingga energy kinetik angin yang berhembus dalam satuan waktu (daya angin) adalah

$$P_w = \frac{1}{2} (\rho v A) (v^2) = \frac{1}{2} \rho v^3 A \quad (3)$$

besar daya di atas adalah daya yang dimiliki oleh angin sebelum dikonversi atau sebelum melewati turbin angin. Dari daya tersebut tidak semuanya dapat dikonversi menjadi energy mekanik oleh turbin (Ajao dan Adeniyi, 2009)

¹ Korespondensi : Aksan, Telp 081244315151, aksansubarjo@yahoo.co.id

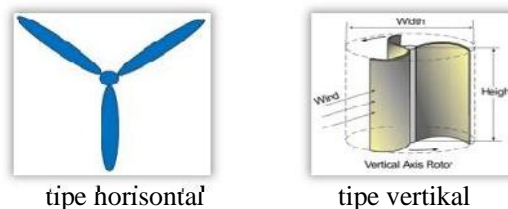
Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan pembuatan / rancang bangun simulator alat uji turbin angin dengan terowongan angin sebagai sumber angin buatan dari kipas angin turbo. Digunakan penggerak dari jenis turbin angin yaitu turbin angin poros horizontal dan turbin angin poros vertikal. Untuk jenis turbin angin vertikal dilakukan modifikasi busur *blade* profil lengkung sebesar r tetap. Jumlah *blade* turbin yang digunakan sebanyak 2 bilah. Untuk jenis turbin angin horizontal dilakukan modifikasi Jumlah *blade* turbin yang digunakan sebanyak 2, 3, 4, 5 dan 6 buah. Penelitian dilakukan dengan lima variasi kecepatan angin yaitu 4 m/s sampai 10 m/s.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan dengan metode desain dan eksperimental yang akan ditekankan pada rancang bangun dan pengujian kinerja serta evaluasi hasil pengujian serta penerapan di laboratorium. Penelitian dilakukan secara bertahap yaitu dimulai dengan rancang bangun turbin tipe poros horizontal dan vertikal serta monitoring berbasis computer dan LCD, dilanjutkan dengan pengujian kinerja hasil desain dan rancang bangun serta evaluasi hasil. Hasil dari pengujian ini akan diterapkan sebagai modul pembelajaran di laboratorium

Rancang Bangun Turbin dan Sistem Pengujian

Perancangan dan pembuatan turbin angin tipe poros horizontal terbuat dari *blade* kayu (papan jati) / fiber dengan ketebalan 3 mm, dengan panjang sudu sebesar 40 cm, lebar bagian dalam 20 cm dan lebar bagian luar 10 cm. Papan jati / fiber dipilih karena material ini mudah dibentuk, di varnis dan hambatannya kurang. Penyambungan blade pada poros turbin menggunakan plat besi 2 mm dan dibaut. Jumlah blade pada turbin angin bervariasi yaitu 2, 3, 4, 5 dan 6 buah sehingga dapat dibandingkan untuk mendapatkan optimalisasi daya keluaran generator DC. Modifikasi sudut kelengkungan turbin angin dibentuk dari bentuk penyambungan blade pada poros generator. Perancangan dan pembuatan turbin angin tipe poros vertikal terbuat dari besi plat 1 mm, dengan diameter 40 cm dan tinggi 60 cm. Jumlah blade pada poros turbin angin berjumlah 2 bilah. sehingga dapat dibandingkan untuk mendapatkan optimalisasi daya keluaran generator. Adapun contoh bentuk dan model blade tipe poros horizontal dan vertikal yang dibuat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk dan model blade pada turbin angin

Pengujian Kinerja Turbin

Pengujian turbin tipe horizontal dan vertikal untuk mendapatkan besar kinerja turbin dengan variasi jumlah sudu turbin, sudut kelengkungan turbin dan kecepatan aliran udara. Kinerja turbin dapat dilihat dari besar efisiensinya yang merupakan perbandingan daya keluaran terhadap daya masukan.

Daya input turbin diperoleh dari pengukuran laju aliran udara dan luas permukaan penampang turbin yang menerima aliran udara. Daya input akan divariasikan dengan memvariasikan laju aliran udara dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (4)$$

Dengan :

$$m = \rho \times A \times v$$

$$A = d \times h$$

Sehingga :

$$P_w = \frac{1}{2} \rho C A v^3 \quad (5)$$

Daya output turbin yang akan diukur adalah daya mekanik yang diperoleh dari besar momen torsi dan pengukuran kecepatan putaran turbin, momen torsi akan diperoleh dengan mengukur besar beban gaya yang diberikan terhadap turbin dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_T = 2\pi \cdot n \cdot T / 60$$

Dengan :

$$T = F \times r$$

Sehingga :

$$P_T = 2 \cdot n \cdot F \cdot r / 60 \quad (6)$$

Evaluasi Hasil Pengujian

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kinerja turbin tipe poros horizontal dan vertical dengan jumlah variasi sudu turbin, sudut kelengkungan turbin dan kecepatan aliran udara serta variasi beban lampu penerangan. Evaluasi dilakukan dengan mengolah data yang diperoleh dari monitoring computer dan LCD sehingga diperoleh besar efisiensi turbin pada setiap variasi pengujian.

Pelaksanaan Penelitian

Tahap pertama dan kedua dilakukan di Laboratorium Mesin Listrik, Laboratorium Sistem Tenaga Listrik, Bengkel Mekanik dan Bengkel Instalasi Listrik Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Desain Alat Uji Penelitian

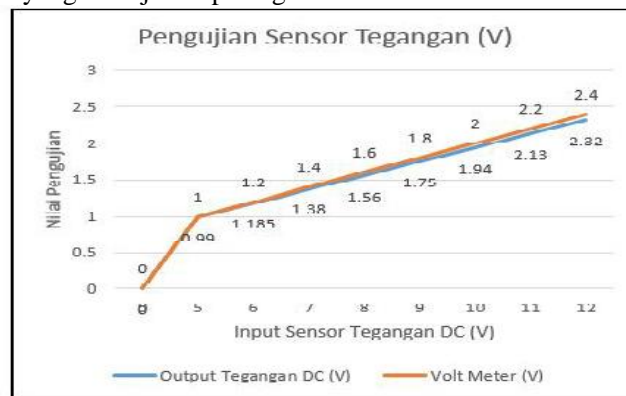
Dalam melakukan pengujian diperlukan system pengujian atau instrumentasi pengujian yang terdiri dari kipas angin sebagai sumber angin yang dapat diatur kecepatannya. Agar alirannya terjaga, maka aliran udara dilewatkan melalui terowongan angin menuju turbin angin tipe poros horizontal atau tipe poros vertical. Turbin akan ditopang oleh poros dan didudukkan pada bearing sebagai titik poros putar untuk memutar generator.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian diantaranya melihat, mengamati, menguji dan memeriksa kinerja disetiap komponen sensor tegangan, sensor arus, sensor anemometer, dan sensor kecepatan putar generator. Adapun proses pengujian dilakukan sebagai berikut:

Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan ditujukan untuk mengetahui kinerja dari sensor tegangan. Proses pengujian sensor tegangan dilakukan sebagai berikut: Menghubungkan keluaran tegangan regulator tegangan 0-12Vdc ke *input* sensor tegangan di alat monitoring arus, tegangan, daya, dan kecepatan putar generator, Melakukan pengukuran keluaran sensor tegangan dengan menggunakan volt meter, Melakukan pengukuran *input* masukan sensor tegangan dan keluaran tegangan di sensor tegangan, Diperoleh hasil pengujian sensor tegangan yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Pengujian sensor tegangan

Pengujian Sensor Arus ACS712.

Pengujian sensor arus ACS712 digunakan untuk mengetahui kinerja dari sensor arus tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang dihasilkan pada sensor arus dengan penggunaan beban tertentu atau beban *variabel*. Proses pengujian sensor arus dilaksanakan sebagai berikut: Menghubungkan keluaran tegangan 12 Vdc pada catu daya ke *input* sensor arus ACS712 30A pada alat monitoring tegangan, arus, daya, kecepatan angin dan kecepatan generator, Menghubungkan beban satu buah lampu LED 7W 12 Vdc, Melakukan pengukuran keluaran sensor tegangan dengan menggunakan volt meter, Mencatat hasil pengukuran percobaan.

Hasil perhitungan berdasarkan, diketahui daya lampu LED 7W di bagi tegangan input 12 Vdc diperoleh arus 0.5A dari alat ukur ampere meter, sedangkan hasil pengukuran alat monitoring yaitu 0.47 A pada tegangan 12.85 Vdc.

Kinerja Turbin Angin

Kinerja Turbin Angin Vertikal

Turbin angin vertical yang digunakan untuk memutar generator AC, dihembuskan angin buatan dengan kecepatan angin bervariasi mulai 4 m/s sampai 10 m/s. Generator AC ini tidak dihubungkan dengan beban dan wind controller dan membangkitkan tegangan AC 3 phasa. Hasil pengujian dan pengukuran kinerja turbin angin vertical ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Kinerja turbin angin vertical

No	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)	Tegangan Keluaran Generator AC (Volt)		
			V _{RS}	V _{RT}	V _{ST}
1	10	300	64	63	64
2	9.8	291	63	63	63
3	9.2	285	62	61	62
4	9.1	279	60	60	60
5	8.6	261	55	55	55
6	7.2	219	48	48	47
7	4.1	129	27	27	27

Kinerja Turbin Angin Horisontal

Turbin angin horisontal yang digunakan untuk memutar generator AC, dihembuskan angin buatan dengan kecepatan angin bervariasi mulai 4 m/s sampai 10 m/s. Turbin angin jenis horizontal ini menggunakan variasi jumlah blade yang terpasang pada turbin mulai 2 blade, 3 blade, 4 blade, 5 blade dan 6 blade. Generator AC ini tidak dihubungkan dengan beban dan wind controller dan membangkitkan tegangan AC 3 phasa. Hasil pengujian dan pengukuran kinerja turbin angin horizontal ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini :

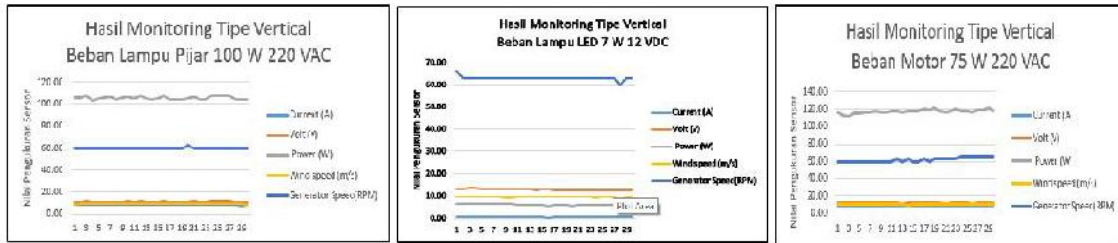
Tabel 3. Kinerja turbin angin horizontal

No	Jumlah Blade	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)	Tegangan Keluaran Generator AC (Volt)		
				V _{RS}	V _{RT}	V _{ST}
1	2 Blade	10	213	46	47	46
2		9.3	207	45	44	44
3		9.05	201	43	42	43
4		8.1	192	41	42	41
5		7.8	177	37	38	37
6		7.1	135	28	28	27
7		4.7	0	0	0	0
1	3 Blade	10	132	29	29	28
2		9.8	129	27	26	27
3		9.2	117	24	25	25
4		9.1	105	23	22	22
5		8.6	81	21	21	20
6		7.2	24	7	8	8
7		4.1	0	0	0	0
1	4 Blade	10.1	264	62	63	63
2		9.85	258	62	62	63
3		9.8	255	62	61	61
4		9.6	252	59	59	58
5		9	234	55	54	55
6		7.89	195	44	44	45
7		5.03	12	0	0	0
1	5 Blade	10.4	300	62	63	63
2		10.25	297	62	62	63
3		9.9	288	62	61	61
4		9.65	279	59	59	58
5		8.15	258	55	54	55
6		7.5	207	44	44	45
7		4.8	102	23	23	23
1	6 Blade	10	306	66	65	65
2		9.65	300	65	65	65
3		9.55	294	64	64	64
4		9.44	288	63	63	63
5		8.9	267	56	57	57
6		7.8	222	46	46	47
7		4.9	138	27	26	27

Monitoring Keluaran Turbin Angin Dengan Komputer

Monitoring Turbin Angin Vertikal

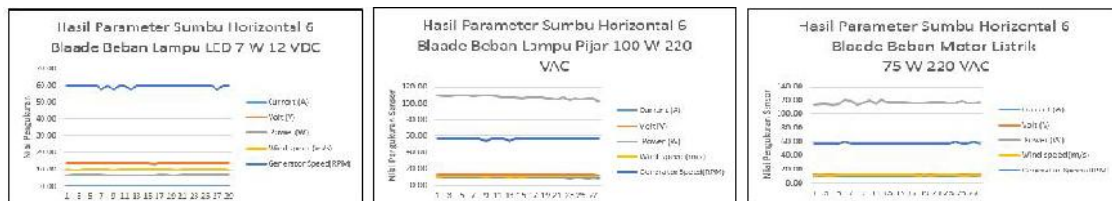
Generator turbin angin vertical dirangkai dengan rangkaian monitoring berbasis computer, wind controller, dan baterai aki. Beban yang digunakan adalah lampu LED 12 Volt, 7 Watt, Lampu Pijar 220 V, 100 Watt, Motor AC 1 phasa 220 Volt, 75 Watt. Kecepatan angin yang dihembuskan pada suplai 220 Volt atau kecepatan angin kipas sebesar 10 m/s. Hasil pengukuran dan monitoring ditunjukkan pada gambar 3..



Gambar 3. Monitoring dengan computer turbin angin tipe vertical untuk berbagai beban

Monitoring Turbin Angin Horizontal

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5, kinerja turbin angin horizontal dengan berbagai penggunaan/pemasangan jumlah blade. Dapat diperoleh kesimpulan bahwa jumlah blade 6 menghasilkan kinerja yang stabil yaitu tegangan keluaran generator AC mempunyai tegangan keluaran yang stabil meskipun kecepatan angin berubah-ubah. Oleh karena pada percobaan / pengujian dengan menggunakan beban, maka turbin angin horizontal dengan 6 blade yang akan diuji/dimonitoring kinerjanya dengan komputer. Generator turbin angin vertical dirangkai dengan rangkaian monitoring berbasis computer, wind controller, dan baterai aki. Beban yang digunakan adalah lampu LED 12 Volt, 7 Watt, Lampu Pijar 220 V, 100 Watt, Motor AC 1 phasa 220 Volt, 75 Watt. Kecepatan angin yang dihembuskan pada suplai 220 Volt atau kecepatan angin kipas sebesar 10 m/s. Hasil pengukuran dan monitoring ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Monitoring dengan computer turbin angin tipe horisontal untuk berbagai beban

Monitoring Keluaran Turbin Angin dengan LCD

Monitoring Turbin Angin Vertikal Dengan Berbagai Beban

Generator turbin angin vertical dirangkai dengan rangkaian monitoring berbasis LCD, wind controller, dan baterai aki. Beban yang digunakan adalah lampu LED 12 Volt, 7 Watt, Lampu Pijar 220 Volt AC 100 Watt, dan Beban motor AC 1 phasa 75 Watt. Kecepatan angin yang dihembuskan pada suplai 220 Volt atau kecepatan angin kipas sebesar 10 m/s. Hasil pengukuran dan monitoring ditunjukkan pada tabel 4

Tabel 4. Hasil monitoring LCD turbin angin vertikal dengan berbagai beban

No	Jenis beban	Kecepatan angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)	Tegangan Keluaran DC (Volt)	Arus Keluaran DC (A)	Daya Keluaran DC (Watt)
1	Lampu LED DC 12V 7W	9.95	60	11.77	0.34	5.26
2	Motor AC 1 Phasa 75W	9.95	84	11.08	6.38	69.80
3	Lampu AC 220V 100W	10.46	60	11.61	6.09	67.02

Monitoring Turbin Angin Horizontal Dengan Berbagai Beban

Kinerja turbin angin horizontal dengan berbagai penggunaan/pemasangan jumlah blade. Dapat diperoleh kesimpulan bahwa jumlah blade 6 menghasilkan kinerja yang stabil yaitu tegangan keluaran generator AC mempunyai tegangan keluaran yang stabil meskipun kecepatan angin berubah-ubah. Oleh karena pada percobaan / pengujian dengan menggunakan beban, maka turbin angin horizontal dengan 6 blade yang akan diuji/dimonitoring kinerjanya dengan LCD. Generator turbin angin Horizontal 6 blade dirangkai dengan rangkaian monitoring berbasis LCD, wind controller, dan baterai aki. Beban yang digunakan adalah lampu LED 12 Volt, 7 Watt, Lampu Pijar 220 Volt AC 100 Watt, dan Beban motor AC 1 phasa 75 Watt. Kecepatan angin yang dihembuskan pada suplai 220 Volt atau kecepatan angin kipas sebesar 10 m/s. Hasil pengukuran dan monitoring ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil monitoring LCD turbin angin Horizontal dengan berbagai beban

No	Jenis beban	Kecepatan angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)	Tegangan Keluaran DC (Volt)	Arus Keluaran DC (A)	Daya Keluaran DC (Watt)
1	Lampu LED DC 12V 7W	10.40	54	11.57	0.38	5.45
2	Motor AC 1 Phasa 75W	11.06	62	10.81	6.37	68.80
3	Lampu AC 220V 100W	10.32	57	10.46	6.01	64.66

4. KESIMPULAN

- 1.. Diperoleh simulator turbin angina tipe poros horizontal dan vertical dengan monitoring Komputer dan LCD sebagai modul pembelajaran praktikum di laboratorium pembangkit listrik.
2. Dapat meningkatkan motivasi dan minat mahasiswa/dosen dalam proses belajar mengajar mata kuliah pembangkit tenaga listrik khususnya praktikum pembangkit dan penyaluran tenaga listrik melalui ketersediaan sarana dan peralatan simulator turbin angin skala laboratorium.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ajao, KR dan Adeniyi JSO, 2009, “*Comparison of Theoretical and Axperimental Power Output of small 3 bladed Horizontal axis wind turbin*” Journal of American Science Volume 5, No.4
- Daryanto, Y, 2007, “*Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*”, Balai PPTAGG – UPT-LAGG
- Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Risetdan Pengembangan. Kementerian Riset, teknologi dan Pendidikan Tinggi. 2016. “*Panduan Pelaksanaan Penelitian /Pengabdian kepada Masyarakat di Perguruan Tinggi*”, Edisi X.
- Ikhwanul Ikhsan, M Akbar, 2011, “*Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kinerja Kincir Angin tipe Propeller pada Wind Tunnel Sederhana*” Universitas Hasanuddin, Makassar
- Markus Nanda Andika dkk, 2007, “*Kincir Angin Sumbu Horisontal Bersudu Banyak*”, Universitas Sanata Dharma, Jogjakarta
- Marizka Lustia Dewi, 2010, “*Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius Untuk Optimalisasi Kinerja Turbin*”, niversitas Sebelas Maret, Surakarta
- M.Najib Habiebie dkk, 2011, “*Kajian Potensi Energi Angin Di wilayah sulawesi dan Maluku Study of wind energy potency in sulawesi and Maluku*”, Jurnal Meteorologi dan Geofisika volume 12 nomor 2 – september 2011: 181 - 187
- Mittal, Neeraj, 2001, “*Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT*. Thesis, UK: Department